

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTÉCNIA**

**EVALUACIÓN DE TRES ESTRATOS: ÁRBOLES, PASTOS Y SUELOS, EN
SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP), EN RESTREPO, COLOMBIA.**

POR:

ANDY IVETH RODRÍGUEZ OSORTO

TESIS



CATACAMAS, OLANCHO

MAYO 2024

**EVALUACIÓN DE TRES ESTRATOS: ÁRBOLES, PASTOS Y SUELOS, EN SISTEMAS
SILVOPASTORILES (SSP) EN RESTREPO, COLOMBIA.**

POR:

ANDY IVETH RODRÍGUEZ OSORTO

ROBER RUBÍ M. Sc

Asesor Principal

KENNY NÁJERA M. Sc

GRACE CARVAJAL M. Sc

Asesores auxiliares

**TESIS PRESENTDA A LA UNIVERIDAD NACIONAL DE AGROCULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO

MAYO 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

Catacamas, Olancho

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros de la comisión evaluadora del del informe de Tesis certificamos que:

El estudiante **ANDY IVETH RODRÍGUEZ OSORTO** del IV de Ingeniería Agronómica presento su informe intitulado:

EVALUACIÓN DE TRES ESTRATOS: ÁRBOLES, PASTOS Y SUELOS, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP), EN RESTREPO, COLOMBIA.

El cual, a criterio de los evaluadores, **APROBÓ** el presente informe final de Tesis como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veinticuatro dias del mes de mayo del dos mil veinticuatro.

M. Sc Rober Rubí

Director de Tesis

M. Sc Kenny Najera

Jurado de Tesis

M. Sc Grace Carvajal

Jurado de Tesis

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme dado la oportunidad de formar mi vida profesional en la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, darme la sabiduría, inteligencia y entendimiento para poder seguir adelante y culminar la carrera.

A mi padre **TEODORO RODRÍGUEZ HERRERA**, por apoyarme en lo que pudo para poder lograr esta meta, por enseñarme lo que es ser una persona responsable, disciplinada, justa, servicial y trabajadora.

A mi madre **MARIA TERESA OSORTO OBANDO** por motivarme para seguir adelante y no darme por vencida a pesar de las dificultades que se presentaron al inicio de la carrera, por todo esto y más.

A mi amigo **EDWIN ARIAS (Q.E.P.D)** porque desde el primer día que se enteró que quería ser INGENIERO me motivo y deposito su confianza que lo lograría.

A mis amigos por animarme y apoyarme en momentos difíciles de mi carrera y **principalmente a ISIS ZÚNIGA Y NEHEMÍAS PALACIOS**, por siempre estar en cada etapa del camino sintiéndose orgullosos de mí.

Al **MINISTERIO AMIGOS DE JESÚS (MAJ)** por ser mi refugio y consuelo en momentos difíciles de la carrera, por darme valentía, motivación y dedicación en cada etapa de mi carrera

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de estudiar en esta universidad, darme la sabiduría, inteligencia, entendimiento, fuerza y valentía para poder seguir adelante y culminar mi carrera profesional.

A mi padre **TEODORO RODRÍGUEZ HERRERA**, por apoyarme en lo que pudo para poder lograr esta meta, por enseñarme lo que es ser una persona responsable, disciplinada, justa, servicial y trabajadora.

A mi madre **MARIA TERESA OSORTO OBANDO** por motivarme para seguir adelante y no darme por vencida a pesar de las dificultades que se presentaron al inicio de la carrera, por todo esto y más.

A mis amigos **ISIS ZÚNIGA, NEHEMÍAS PALACIOS, OLGA REYES, PAVELA MARADIAGA, PERLA NAVARRO, GABINO PAZ, KAROL GUEVARA, EMILY MATA, KATHERINE MACÍAS, FERNANDO CASTAÑEDA, TULIO ROSALES, DANIEL PERALTA** a mis amigos que conocí durante mi estadía de PPS **KIMBERLY PEREZ, CRISTIAN GONZALEZ, DARIO QUINTERO** por apoyarme y ayudarme en cada momento de mi pasantía.

A la **RESERVA NATURAL LA COSMOPOLITANA**, por haberme brindado su enseñanza, colaboración y apoyo para poder llevar a cabo con éxito mi trabajo de investigación.

A mis Asesores **M.Sc Rober Rubí, M. Sc Kenny Najera y M.Sc Grace Carvajal** por estar ahí presente en cada momento que se necesitaron, y por instruirme como realizar las cosas mejor.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, por haberme brindado el conocimiento y formación académica y profesional en el transcurso de estos años.

ÍNDICE

	Pag
DEDICATRIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. REVISIÓN LITERARIA	3
3.1. Sistemas Silvopastoriles (SSP) en Colombia.....	3
3.2. Costo de establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles	4
3.3. Rentabilidad y valor económico:.....	4
3.4. Pastos y arbolearía predominantes en sistemas silvopastoriles.....	5
3.5. Efectos de los SSP en la mejora de materia orgánica	5
3.6. Meso y macrofauna:	6
3.7. Propiedades del suelo	7
3.7.1. Propiedades impactadas por los ssp.....	7
3.7.2. Densidad aparente	8
3.7.3. Prácticas que afectan la Densidad Aparente del Suelo (DAS)	8
3.8. Textura del suelo	9
3.8.1. Métodos de Identificación de textura:.....	9
3.9. Tabla Munsell.....	11

IV. METODOLOGÍA.....	12
4.1. Localización	12
4.2. Método medicinal de parcelas divididas	13
4.3. Conteo de meso y macro fauna en SSP vs monocultivo de pastizal:	14
4.4. Peso comparativo de MO superficial en SSP vs monocultivos de pastizal	15
4.5. Valoración económica.....	15
4.6. Producción de materia fresca y seca en SSP vs monocultivo	16
4.7. Densidad de suelo:	16
4.8. Especies arbóreas y forrajeras predominantes en los dos sistemas (SSP y monocultivo)	17
4.9. Textura del suelo.	18
4.10. Tipo de suelo en Restrepo, Colombia.....	18
4.11. Color predominante del suelo	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1. Conteo de meso y macro fauna en SSP vs monocultivo de pastizal	20
5.2. Presencia de meso y macro fauna en la finca Vega Grande vs Cosmopolitana.....	22
5.3. Abundancia relativa de la meso y macrofauna en la Finca La Cosmopolitana VS Vega Grande.....	24
5.4. Peso comparativo de MO superficial en SSP vs monocultivos de pastizal	25
5.5. Análisis estadístico de MO superficial en SSP vs MC.....	27
5.6. Correlaciones en tabla de contingencia.....	28
5.7. Análisis estadístico de MO superficial en SSP vs MC por finca	29
5.8. Valoración económica.....	30
5.9. Producción de materia fresca y seca en SSP vs monocultivo	32
5.10. Densidad aparente:	34
5.11. Análisis estadístico de DAP entre SSP vs MC	36
5.12. Análisis estadístico DAP en SSP vs MC por finca.....	37

5.13. Especies arbóreas y forrajeras predominantes en los dos sistemas (SSP y monocultivo)	38
5.14. Textura del suelo:	39
5.15. Color del suelo:.....	40
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES	44
VIII. BIBLIOGRAFIAS	45
ANEXOS.....	47

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Medidas de suelo.....	11
Tabla 2. Correlaciones	13
Tabla 3. Valor económico	15

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Tabla Munsell.....	11
Figura 2. Finca agroecológica La Cosmopolitana	12
Figura 3. Cantidad de meso y macro fauna encontrada en unidad observacional de 30X30 cm en los sistemas de MC y SSP en la finca Vega Grande.	22
Figura 4. Cantidad de meso y macro fauna encontrada en unidad observacional de 30X30 cm en los sistemas de MC y SSP en la Cosmopolitana.	23
Figura 5. Abundancia relativa de meso y macro fauna encontrada en los sistemas de MC y SSP en la Cosmopolitana vs Vega grande.	24
Figura 6. Cantidad de Materia orgánica (Kg/Ha) superficial según el sistema de pastoreo; “Mono vs SSP.” Para la finca Vega Grande (Panel 1) y Cosmopolitana (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.	27
Figura 7. Correlaciones.....	28
Figura 8. Cantidad de Materia Orgánica través de las fincas; “COSM vs VG.” Para el sistema SSP (Panel 1) y MONOCULTIVO (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.	29
Figura 9. Variación de la DAP (gr/cm ³) según el sistema de pastoreo; “Mono vs SSP.” Para la finca Vega Grande (Panel 1) y Cosmopolitana (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.....	36
Figura 10. Variación de DAP (gr/cm ³) a través de las fincas; “COSM vs VG.” Para el sistema SSP (Panel 1) y MONOCULTIVO (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.	37
Figura 11. Textura de suelo (fuente plantemos en puebla).....	39
Figura 12. Diagrama de Liebig	40
Figura 13. Análisis químico de suelo.....	41

LISTA DE GRÁFICAS

	Pag
Grafica 1. Promedio de meso y macro fauna en SSP/Ha.....	20
Grafica 2. Promedio de meso y macro fauna en MC/Ha	21
Grafica 3. Promedio de Kg/MO/Ha en SSP	25
Grafica 4. Promedio de Kg/MO/Ha en MC	26
Grafica 5. Promedio de valor económico de una Ha/SSP	30
Grafica 6. Promedio de valor económico de una Ha/MC	31
Grafica 7. Ton/MF/año en SSP vs MC	32
Grafica 8. Ton/MS/año en SSP vs MC	33
Grafica 9. Promedio de DA en SSP	34
Grafica 10. Promedio de DA en MC	35
Grafica 11. Especies arbóreas/Ha	38

LISTA DE ANEXOS

	Pag
Anexo 1. SSP	47
Anexo 2. Sistema de MC	47
Anexo 3. Establecimiento de diseño experimental	48
Anexo 4. Recolección de materia fresca	48
Anexo 5. Recolección de MO	48
Anexo 6. MO recolectado	49
Anexo 7. Medición de 30x30 cm	49
Anexo 8. Extracción de tierra de los 30x30 para muestreo de meso y macro fauna	49
Anexo 9. Búsqueda de meso y macro fauna	50
Anexo 10. Meso y macro fauna encontrada	50
Anexo 11. Meso y macro fauna	50
Anexo 12. Identificación de color de suelo	51
Anexo 13. Identificación de textura, prueba de desmenuzamiento.	51
Anexo 14. Prueba de bola	51
Anexo 15. Prueba de cilindro	52
Anexo 16. Elaboración de tubos para la práctica de DAP	52
Anexo 17. Muestra de DAP	52
Anexo 18. Peso de materia fresca	53
Anexo 19. Deshidratación de pasto.	53
Anexo 20. Peso de MO	53
Anexo 21. Pasto deshidratado	54
Anexo 22. Interpretación de la tabla Munsell	54
Anexo 23. Traslado de peces	55

Anexo 24. Elaboración de nectar	55
Anexo 25. Elaboración de dulce de leche	55
Anexo 26. Encalado para siembra	56
Anexo 27. Taller de niños	56
Anexo 28. Muestreo para análisis de suelo.....	56
Anexo 29. Preparación de terreno para SSP	57

Rodriguez Osorto, I 2024. Investigación evaluación de tres estratos: árboles, pastos y suelos, en sistemas silvopastoriles (SSP), en la Reserva Natural la Cosmopolitana y Finca Vega Grande (Restrepo, Colombia). Informe final de Investigación Licenciatura. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Reserva Natural la Cosmopolitana y la finca Vega Grande en el departamento del Meta, municipio de Restrepo, en la comunidad de los Llanos Orientales, con el fin de evaluar tres estratos: árboles, pastos y suelos, en sistemas silvopastoriles (SSP) vs monocultivo. En la investigación se utilizó el diseño medicinal de parcelas divididas, dieciocho (18) en total de un m² cada una, siendo una hectárea el área para extrapolar datos, se aforo el pasto para obtener materia fresca y seca, se pesó la materia orgánica superficial del suelo, se le asignó un valor económico a los árboles maderables y forrajeros para determinar la cuantía económica en una hectárea para ambos sistemas, además se realizó un muestreo observacional de ambos sistemas excavando un agujero de 30X30X30 cm, este volumen de suelo sirvió para evaluar las variables cualitativas: densidad aparente, textura y color, también se estimó las especies de organismos pertenecientes a la meso y macro fauna. Como resultado se obtuvo una cantidad de materia orgánica superficial de 87.87 Ton/ha, vs 77.82 Ton/ha, en cuanto a su valor económico de una hectárea considerando la arborización maderable y forrajera se encontraron diferencias de \$26,872 a un valor menor de \$23,040, la materia fresca presentó los siguientes valores 102.19 Ton/MF/año contra 34 Ton/MF/año, en materia seca 26.02 Ton/MS/año en cambio 10.22 Ton/MS/año, la DAP es de 1.26 gr/cm³ a un valor mayor de 1.42 gr/cm³.

El color predominante 6/3 YR dull Orange, la meso y macro fauna es de 5,327,159, en comparación de 3,104,937 con mayor diversidad en el SSP, los valores de las variables cuantitativas en el SSP superan al MC un rango min de 14.27% a una máximo 66.73%.

Palabras clave: Sistema silvopastoril, monocultivo de pastizal, variables cuantitativas y variables cualitativas.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades agropecuarias de mayor importancia económica en Colombia. De acuerdo con el informe sectorial publicado por la cámara de comercio de Bogotá, en el acumulado al segundo trimestre de 2023, la ganadería en Colombia representó el 25.22% del total del PIB Agropecuario y el 1.46% del PIB Nacional. Sin embargo, los impactos ambientales negativos que la explotación ganadera ha generado a regiones de importancia ecológica han motivado la implementación de modelos agroforestales adecuados para mitigar el cambio climático y conservar los ecosistemas naturales. (CCB 2023)

Young, citado por Bueno (2012) define el sistema silvopastoril como el nombre genérico usado para designar los de uso de la tierra en los cuales las plantas leñosas perennes (árboles, arbustos y bambúes) crecen en asocio con plantas herbáceas (cultivos y pastos) y/o ganado, en un arreglo espacial, una rotación o ambos y en los cuales se dan interacciones ecológicas y económicas incluyendo los componentes arbóreos y no arbóreos del sistema. Uno de estos modelos se conoce como Sistema Silvopastoril que tiene el propósito de reducir el alto impacto ambiental sin ocasionar una baja productividad.

En Colombia los Sistemas Silvopastoriles han tomado gran importancia, por lo que en esta práctica se evaluarán los árboles, pastos y suelos en el sistema silvopastoril de la Finca Agroecológica La Cosmopolitana en Restrepo, Colombia; para demostrar si este tipo de sistemas tiene potencial ambiental y económico para llevar a la práctica en Colombia.

II. OBJETIVOS

General

Evaluar tres estratos: arbóreos, pastizal y suelo, en fincas ganaderas con SSP y monocultivo, para estimar parámetros económicos y ambiental. en la región Llanos Orientales, Restrepo, Colombia.

Específicos

- Se realizó un conteo de las especies: forestales, forrajeras, una valoración económica, para determinar la media, la moda de una hectárea en SSP, en comparación al monocultivo de pastizal
- Se aforó la producción de materia fresca y seca por hectárea, en los pastos con SSP y monocultivo, para comparar el mejor rendimiento.
- Realizar un muestro de meso y macrofauna edáfica, y analizar si hay correlación con propiedades físicas de textura, color y densidad aparente, entre una hectárea con SSP y una de monocultivo de pastizal

III. REVISIÓN LITERARIA

3.1. Sistemas Silvopastoriles (SSP) en Colombia

Son una combinación de árboles, arbustos forrajeros y pastos con la producción ganadera. Estos sistemas permiten la interacción de forrajes como gramíneas y leguminosas, con el fin de suministrar alimento a los animales generando una serie de usos complementarios ofrecen ventajas como proporcionar comida y sombra a través de árboles forrajeros, aumentar la biodiversidad y permitir la llegada de una mayor cantidad de especies. Además, estos sistemas pueden ser una forma sostenible de producción, tanto en términos económicos, como ambientales, al disminuir el efecto invernadero con la reducción de las emisiones de gas metano.

Los SSP también pueden contribuir a la conservación del suelo, aumentar la producción y preservar la selva, entre otros beneficios. Son una alternativa importante para el gobierno nacional de Colombia. Instituciones como Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), han generado tecnologías para implementar estos sistemas y garantizar excelentes resultados si se hace la implementación y manejo adecuado, de acuerdo con los pisos térmicos y condiciones agroclimáticas de cada región.

El Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas (CEGA), ha clasificado cinco sistemas de producción ganadera en Colombia, incluyendo el Sistema de Pastoreo Extractivo (SPE), también se relacionan con los pagos por servicios ambientales, según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Los sistemas silvopastoriles en Colombia ofrecen ventajas como la provisión de comida y sombra a través de árboles forrajeros, así como el aumento de la biodiversidad, permitiendo la llegada de mayor cantidad de especies. (IICA 2016)

3.2. Costo de establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles

Sistemas Silvopastoriles (SSP) en Colombia tienen un valor económico significativo debido a su impacto en la rentabilidad, la captura de carbono y la integración de beneficios ambientales y económicos.

3.3. Rentabilidad y valor económico:

Pago por captura de carbono

- La rentabilidad de los sistemas silvopastoriles puede variar significativamente según el valor económico asignado a la captura de carbono.
- Al integrar beneficios ambientales y económicos, el mayor valor correspondió al sistema silvopastoril que superó en 946 dólares lo obtenido por el sistema (Danny Sandoval et al. 2022).

Los costos (dólares/hectárea) para establecer un SSP (*Propopis*, *Leucaena*, *Cynodon*) según (Molina, Duran 2012) en el Hatico, Valle del Cauca, Colombia es de US\$ 2,161 con sistema intensivo en comparación a un monocultivo de *Cynodon plectostachyus* es de US\$ 1,643, estos precios son considerando adecuación del terreno, semilla, siembra, riego, control de malezas e infraestructura.

3.4. Pastos y arbolearía predominantes en sistemas silvopastoriles

Se conoce que entre las especies pastostoriles de mayor adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas en la zona, se encuentran pastos como ser: mombasa (*Panicum máximum*), Tanzania (*Megathyrsus maximus*), mulato II (*Brachiaria híbrido CIAT 36087*), Toledo (*Brachiaria brizantha*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*), marandú (*Brachiaria brizantha CV. MARANDU*), decumbens (*Brachiaria decumbens*) y entre las especies arbóreas utilizadas como **forraje** se menciona el matarratón (*Gliricidia sepium*), liliaque (*Leucaena leucocephala*), morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), chachafruto (*Erythrina edulis*) y botón de oro (*Ranunculus acris*) (Vega 2022).

3.5. Efectos de los SSP en la mejora de materia orgánica

En Colombia, los SSP tienden a tener un peso comparativo de materia orgánica superior en comparación con los monocultivos. Los SSP han demostrado aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo y la cantidad de carbono inmovilizado en relación con la pastura en monocultivo, este aumento en la materia orgánica puede tener beneficios significativos para la salud del suelo y la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de producción agrícola y ganadera en Colombia (Molina s. f.)

Los SSP ofrecen una alternativa más sostenible al monocultivo al aumentar la biodiversidad, mejorar la calidad del suelo y proporcionar beneficios ambientales adicionales, por lo tanto, se convierten en una opción atractiva para la producción agrícola y ganadera en Colombia.

3.6. Meso y macrofauna:

La meso fauna y macrofauna se refieren a diferentes tamaños de organismos que habitan en el suelo y desempeñan un papel crucial en la salud y fertilidad de este.

Meso fauna: Son organismos de tamaño reducido, generalmente de 0,1 a 2 mm, que incluyen artrópodos como ácaros, colémbolos y enquitreidos. Estos organismos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, estimulan a los microorganismos y aumentan la fertilidad del suelo.

Macrofauna: En contraste, la macrofauna incluye organismos de mayor tamaño, como lombrices de tierra, *Chilopoda*, *enchytraeidae*, que desempeñan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica, la formación de una estructura del suelo saludable y la mejora de la fertilidad del suelo.

Estos organismos, tanto la meso fauna como la macrofauna, son fundamentales para mantener el ciclo de los nutrientes, equilibrio, salud y fertilidad del suelo (Tapia,2020)

En Colombia, los SSP han sido recomendados ampliamente debido a los servicios ambientales que ofrecen, incluyendo la promoción de la diversidad de la meso fauna del suelo, además, se ha investigado la diversidad de macroinvertebrados en este tipo de sistema en Colombia, lo que sugiere un interés en comprender la influencia de la meso fauna del suelo.(Falco y Diaz Porres 2018)

Un estudio comparativo de la diversidad de macrofauna presente en el suelo de un sistema silvopastoril en comparación con un potrero tradicional, que indica un enfoque integral para comprender la influencia de los sistemas silvopastoriles en la meso fauna del suelo.(Ripoll y Bravo 2013)

En cuanto a los costos de mantenimiento en un SSP intensivo es de US\$ 174 vs en el monocultivo es de US\$ 1,091 tomando en cuenta los siguientes factores: Depreciación, riego, control de malezas, podas de formación y fertilización. (Burney et al. 2010)

Los SSP en Colombia tienen como costo de implantación por hectárea al año es de \$5 y \$6 millones al año obteniendo como ganancia anual \$2 millones por hectárea logrando como meta nacional 100.000 hectáreas más sembradas en la actualidad más de 2,000 productores lo han implementado este método teniendo 160,000 hectáreas con SSP. (Broom et al. 2013)

3.7. Propiedades del suelo

Las propiedades del suelo incluyen la textura, estructura, porosidad, permeabilidad, drenaje, consistencia, profundidad efectiva, la densidad aparente y color.

3.7.1. Propiedades impactadas por los ssp

En los ssp por la relación de pastos y árboles, se encuentran propiedades edáficas físicas que pueden tener mayor impacto en su ecosistema, las cuales son las siguientes:

3.7.2. Densidad aparente

La densidad de volumen o densidad aparente según (Rubio Gutiérrez 2010) se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso, es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas (emergencia, enraizamiento) y el manejo del suelo.

3.7.3. Prácticas que afectan la Densidad Aparente del Suelo (DAS)

La DAS puede ser afectada por diversas prácticas y factores, lo que a su vez influye en las propiedades físicas del suelo.

Algunas de estas prácticas incluyen:

Compactación del suelo: Cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de agua.

Labranza y enmienda de composta: La labranza y la enmienda de composta pueden influir en la densidad aparente del suelo y mejorar su capacidad de infiltración.

Estructura del suelo: La granulación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso y, por tanto, disminuye la densidad aparente del suelo.

Estas prácticas y factores pueden tener un impacto significativo en DAS, lo que a su vez influye en su capacidad para retener agua, permitir la circulación de nutrientes, y favorecer el crecimiento de las plantas.(Sanches 2019)

3.8. Textura del suelo

La textura indica la concentración relativa de partículas de diferentes tamaños, como arena, limo y arcilla, en el suelo, la estructura se refiere a la facilidad con la que se puede trabajar, la cantidad de agua y aire que retiene y la rapidez con la que el agua penetra y pasa a través del suelo. (FAO 2013)

3.8.1. Métodos de Identificación de textura:

Prueba del lanzamiento de la bola:

- Tomar una muestra de suelo humedecido y oprimirla hasta formar una bola.
- Lance la bola al aire hasta unos 50 cm aproximadamente y deje que caiga de nuevo en la mano.
- Si la bola se desmorona, el suelo es pobre y contiene demasiada arena.
- Si la bola mantiene su cohesión, probablemente sea un suelo bueno con suficiente arcilla.

Prueba de compresión de la bola:

- Tomar una muestra de suelo y humedecer un poco, hasta que comience a hacerse compacta sin que se pegue a la mano.
- Oprimirla con fuerza y abrir mano.
- Si el suelo mantiene la forma en la mano, probablemente contenga la arcilla suficiente.

- Si el suelo no mantiene la forma en la mano, es que contiene demasiada arena.

Prueba de sacudimiento de la bola:

- Tomar una muestra de suelo y mojarla bien.
- Formar una bola de 3 a 5 cm de diámetro.
- Colocar la bola en la palma de la mano, se observará brillante.
- Sacudir rápidamente de un lado a otro, y observar la superficie de la bola.
- Si la superficie de la bola se opaca rápidamente y puede romperse fácilmente entre los dedos, el suelo es arenoso o arenoso franco.
- Si la superficie de la bola opaca más lentamente y ofrece alguna resistencia al romperla entre los dedos, es limoso o franco arcilloso.
- Si la superficie de la bola no cambia y ofrece resistencia al romperla, es arcilloso o arcilloso limoso.

Prueba de desmenuzamiento en seco:

- Tomar una muestra pequeña de suelo seco en la mano.
- Desmenuar entre los dedos.
- Si ofrece poca resistencia y la muestra se pulveriza, el suelo es arena fina o arenoso franco, o contiene muy poca arcilla.
- Si la resistencia es media, es arcilloso limoso o arcilloso arenoso.
- Si ofrece gran resistencia, es arcilla.

3.9. Tabla Munsell

Es una tabla que se utiliza para identificar los colores del suelo, el sistema de ordenación es una forma más precisa de especificar, demostrando las relaciones entre los colores, cada parte del suelo tiene tres cualidades que son: el tono, el valor y el croma o saturación del suelo, en la tabla Munsell se crea unas tablas numéricas que son las que muestran los colores. Al momento de usarlas se pueden encontrar en las plantillas que van desde el color rojo hasta el amarillo, se toma una muestra de suelo en seco, seleccionando una plantilla del color más aproximado al de la muestra, para así lograr identificar los valores que se necesitan.



Figura 1. Tabla Munsell

Tabla 1. Medidas de suelo

Partícula de suelo	USAD	Internacional
	-----mm-----	
Arcilla	<0,002	< 0,002
Limo	0,0020- 0,05	0,002 – 0,02
Arena muy fina	0.05 – 0.10	
Arena fina	0.10 - 0.25	0,020-0,20
Arena media	0.25 – 0.50	
Arena gruesa	0.50 – 1.00	0,20 – 2,0
Arena muy gruesa	1.00 – 2.00	

IV. METODOLOGÍA

4.1. Localización

La investigación se realizó en la Finca Agroecológica La Cosmopolitana, ubicada en Restrepo, Meta, Colombia. Con una altura de 570 msnm, con una t° promedio anual de 31°C , se registra una precipitación promedio de 270 mm anuales, obteniendo una humedad relativa entre el 3% al 5% durante el año con las coordenadas geográficas de Restrepo son longitud: $73^{\circ} 33' 54''$ Oeste, $4^{\circ} 15' 44''$ Norte, (Weather Spark 2021).



Colombia

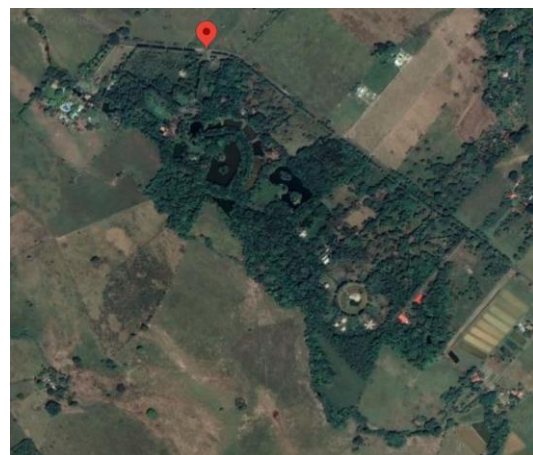


Figura 2. Finca agroecológica La Cosmopolitana

4.2. Método medicional de parcelas divididas

En la investigación se utilizó el diseño medicional de parcelas divididas, colocando dos en cada potreo de nueve (9) divisiones de 1 m² haciendo un total de dieciocho (18) muestras, tomando una hectárea el área para extrapolar datos.

C3	C2	C1
B1	B3	B2
A1	A2	A3

C3	C2	C1
B1	B3	B2
A1	A2	A3

Donde también se correlacionaron las siguientes variables:

Tabla 2. Correlaciones

Variable 1	Variable 2
MO superficial por m ²	Meso y macro fauna
Cantidad de meso y macro fauna	Densidad aparente

Las variables que se evaluaron son:

Variables cuantitativas:

1. Conteo de meso y macro fauna en SSP vs monocultivo de pastizal.
2. Peso comparativo de MO superficial en SSP vs monocultivos de pastizal.
3. Valor económico de SSP vs monocultivo de pastizal
4. Producción de materia fresca y seca en SSP vs monocultivo

Variables cualitativas:

1. Densidad aparente del suelo.
2. Especies arbóreas y forrajeras predominantes en los dos sistemas (SSP y monocultivo).
3. Textura del suelo.
4. Color predominante del suelo

Descripción de las variables cuantitativas:

4.3. Conteo de meso y macro fauna en SSP vs monocultivo de pastizal:

Se realizó un muestreo para contabilizar el microbiota en el suelo de un área de 30 x 30x 30 cm, colocándolos en una manta blanca para extraer los organismos, donde se guardaron en bolsas transparentes donde se consideraron las tres especies más predominantes en el área, extrapolando los datos a una Ha.

C3	C2	C1
B1	B3	B2
A1	A2	A3

C3	C2	C1
B1	B3	B2
A1	A2	A3

4.4. Peso comparativo de MO superficial en SSP vs monocultivos de pastizal

Para determinar la cantidad de materia orgánica superficial en ambos cultivos se desarrolló un muestreo con el diseño medicinal de parcelas divididas, el área seleccionada se colocaron dos parcelas, en cada potrero con nueve divisiones de 1m², donde se pesó la materia orgánica superficial que se recolectó en las nueve divisiones, el total de dieciocho (18) muestras y el total se dividió entre el número de muestras recolectadas, valor total en una hectárea expresando el resultado en toneladas.

4.5. Valoración económica

Se conoció el valor económico, en un SSP como en un monocultivo de pastizal, de dos fincas de Restrepo y como el productor valora una hectárea de su sistema de producción, este valor se conocerá mediante un censo al propietario del sistema. Mencionar que estos sistemas se utilizan para ganadería, su costo de mantenimiento según su explotación, la cantidad obtenida se expresó en dólares (\$), pesos colombianos (COP) y lempiras (Lp.). Se tomó como referencia el bajo (4,000,000) medio (8,000,000) y alto (10,000,000) (consulta personalizada en la finca La Cosmopolitana).

Tabla 3. Valor económico

Nombre del Productor	Nombre de la finca	Tipo de sistema	Moneda			Valor económico		
			COP	Dólar (\$)	Lempira (Lps)	Medio	Bajo	Alto
		Monocultivo						
		Sistema Silvopastoril						

4.6. Producción de materia fresca y seca en SSP vs monocultivo

Se estableció dos parcelas medicionales en cada potrero, donde cada parcela tiene nueve (9) cuadros de 1m² teniendo un total de dieciocho (18) muestras, la cantidad recolectada total de materia fresca en cada parcela de va a dividir entre nueve, así obteniendo la cantidad que produce en el área establecida, el peso será representado en toneladas por hectárea

Formula:

$$\% \text{ Materia fresca} = \frac{\text{Peso de muestras totales}}{\text{Número de muestra}}$$

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra humeda}} \times 100$$

Variables cualitativas:

4.7. Densidad de suelo:

Para conocer la densidad se utilizó los siguientes materiales:

- Cilindro de un tubo de 10 cm de altura
- Pesa en gramos
- Cuchillo
- Espátula
- Pala

Procedimiento:

Primer paso: se pesó el tubo para poder restar el resultado, luego se sacó la muestra de suelo se enterró el tubo en el suelo, una vez que el tubo estaba completamente enterrado, con la barra se removió la tierra de alrededor del tubo, luego con la pala se sacó la tierra hasta que el tubo quedo despejado, se limpió el exterior del tubo para no tener exceso de tierra.

Segundo paso: Se pesó el tubo, anotando el peso reflejando el peso en gr

Tercer paso: Se puso a secar la muestra por dos días.

Cuarto paso: Una vez la muestra seca se pesó y se anotó este resultado.

Quinto paso: Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del suelo seco (gr)}}{\text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

Volumen del Cilindro:

$$V = \pi * r^2 * h$$

4.8. Especies arbóreas y forrajeras predominantes en los dos sistemas (SSP y monocultivo)

Se hizo un conteo por cada potrero, contando cada especie de los árboles y forrajes, verificando la especie más predominantes.

4.9. Textura del suelo.

Prueba de desmenuzamiento en seco:

- Se tomó una muestra pequeña de suelo seco en la mano.
- Se desmenuzó entre los dedos.
- Si ofrece poca resistencia y la muestra se pulveriza, el suelo es arena fina o arenoso franco, o contiene muy poca arcilla.
- Si la resistencia es media, es arcilloso limoso o arcilloso arenoso.
- Si ofrece gran resistencia, es arcilla.

Prueba de compresión de la bola:

- Se tomó una muestra de suelo y se humedeció un poco, hasta que comienza a hacerse compacta sin que se pegue a la mano.
- Oprimirla con fuerza y abrir mano.
- Si el suelo mantiene la forma en la mano, probablemente contenga la arcilla suficiente.
- Si el suelo no mantiene la forma en la mano, es que contiene demasiada arena.

4.10. Tipo de suelo en Restrepo, Colombia

El tipo de suelo predominante en el municipio de Restrepo, Colombia se conoció por una consulta personalizada al Ing. Alex Perdomo trabajador de la finca, La Cosmopolitana mencionando que son vertisoles, con alto contenido de arcilla, colores oscuros con altos niveles de materia orgánica, baja permeabilidad y retención de agua, baja fertilización, debido al difícil manejo por altos porcentajes de arcilla, este dato se confirmó con un análisis de suelo en el laboratorio obteniendo 31% de arcilla, además en la evaluación se encontró el color rojo predominante en las parcelas de medición.

4.11. Color predominante del suelo

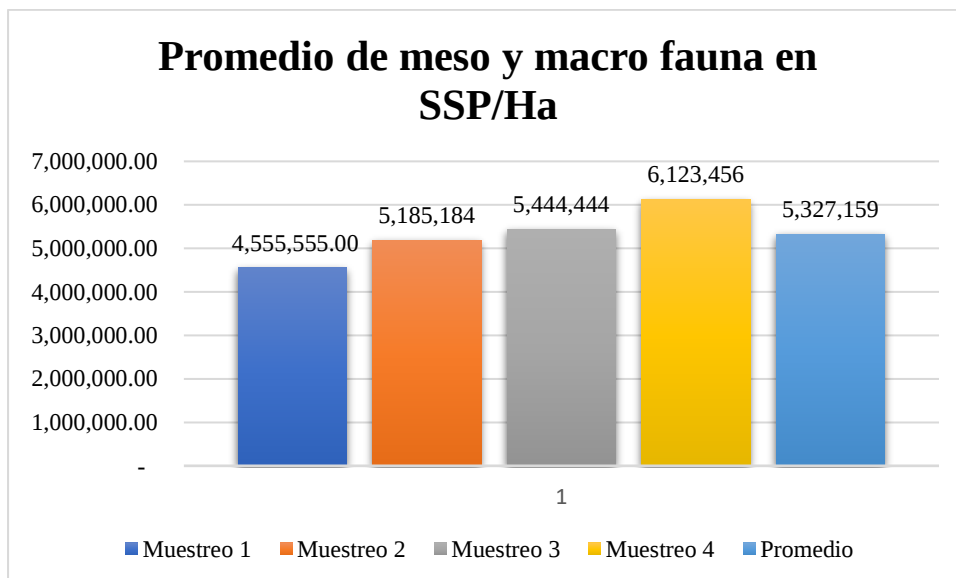
El color del suelo se identificó en ambos sistemas, donde se tomó una muestra de suelo de cada finca, con ayuda de la tabla Munsell, se reconoció la tonalidad predominante en el área, en los primeros 30 cm, y se relacionó con el contenido de la MO, si es tonalidades rojo, marrón, negro o gris, son algunos de los colores más característicos y descriptivos del suelo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables cuantitativas:

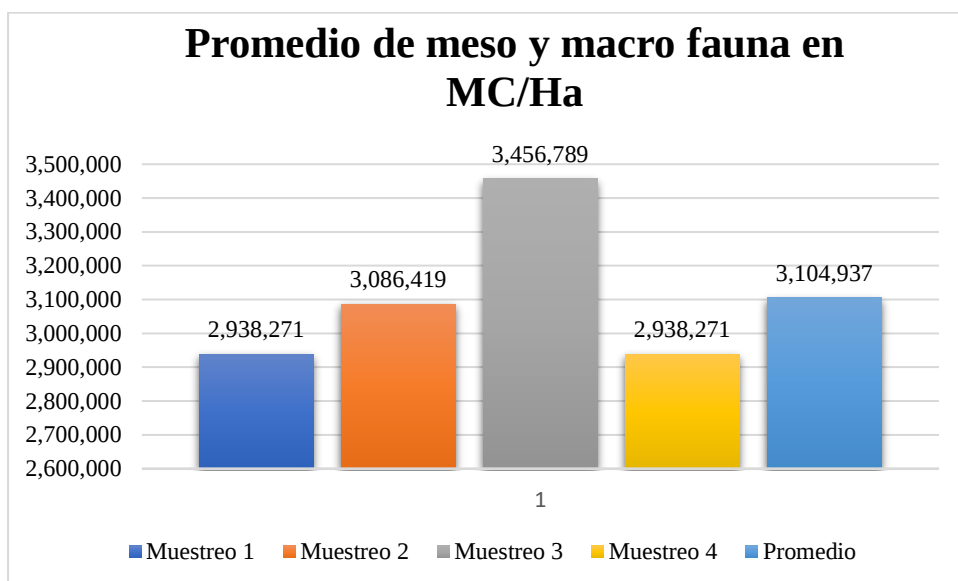
5.1. Conteo de meso y macro fauna en SSP vs monocultivo de pastizal:

Promedio de Meso y Macro fauna en una Ha SSP vs MC



Grafica 1. Promedio de meso y macro fauna en SSP/Ha

La grafica representa las estimaciones, encontradas en cada muestreo, representados en una hectárea en un SSP (Sistema Silvopastoril), la meso y macro fauna se determinaron tres especies más predominantes: lombrices (*Microscolex dibius*), hormiga cosechadora (*Monomorium pharaonis*), hormiga (*Pheidole pallidula*) el sistema proporciona condiciones favorables para la biota, debido a la combinación de gramíneas (*Brachiaria humidicula*, *Braquiaria decumbens* y *Mombasa*), leguminosas rastreras (*Pueraria thomsonii*, *Arachis pintoii*, *Centrosema pubescens* y *Ranunculos acris*) proporcionando sombra, regulación hídrica, control de la erosión, con la diversidad encontrada se obtuvo un promedio de 5,327,159 en una hectárea de meso y macro fauna.

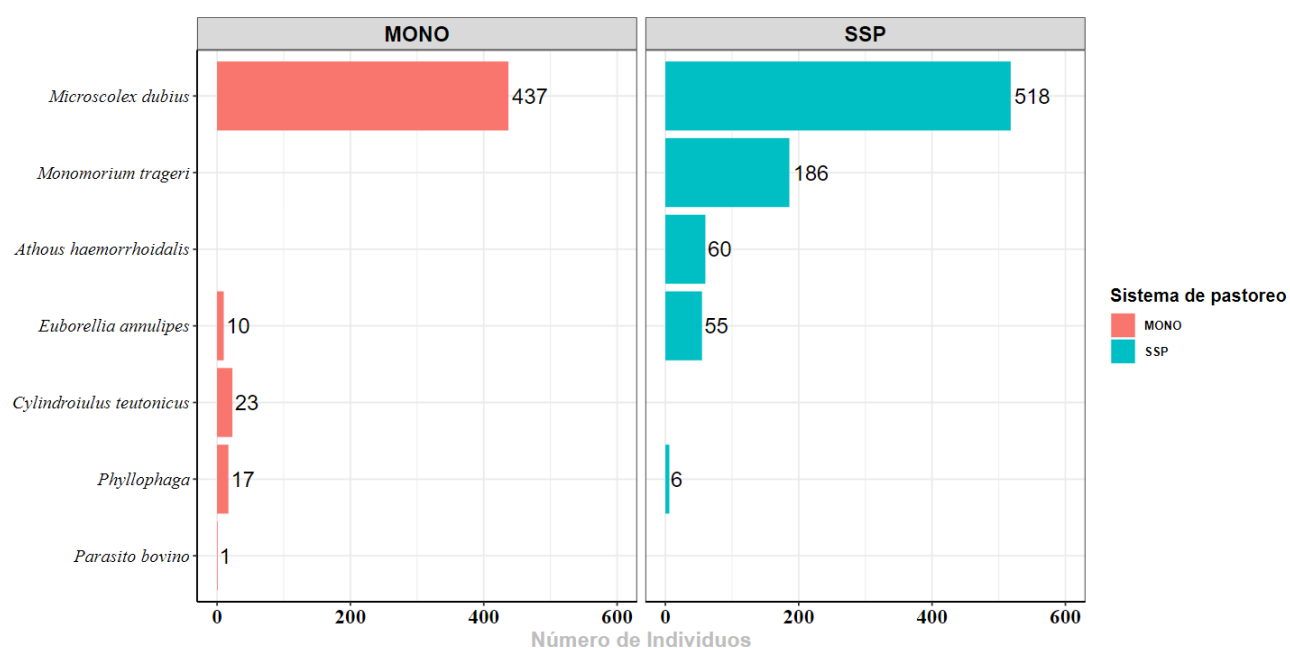


Grafica 2. Promedio de meso y macro fauna en MC/Ha

En la gráfica se detallan datos de cada muestreo en un monocultivo, obteniendo un promedio de 3,104,937 de meso y macro fauna edáfica, las tres especies predominantes encontradas: termita subterránea (*Reticulitermes flavipes*), escarabajo (*Ataenius spretulus*), gallina ciega (*Phyllophoga sp*) el valor encontrado es menor que en el SSP 5,327,159, debido a la escases de sistemas radiculares, esto afectando la aireación del suelo, la falta de sombra no genera humedad, hay mayor evaporación provocando que el habitat para los insectos no sea la adecuada para tener una mayor multiplicación y desarrollo.

5.2. Presencia de meso y macro fauna en la finca Vega Grande vs Cosmopolitana

Figura 3. Cantidad de meso y macro fauna encontrada en unidad observacional de 30X30 cm en los sistemas de MC y SSP en la finca Vega Grande.



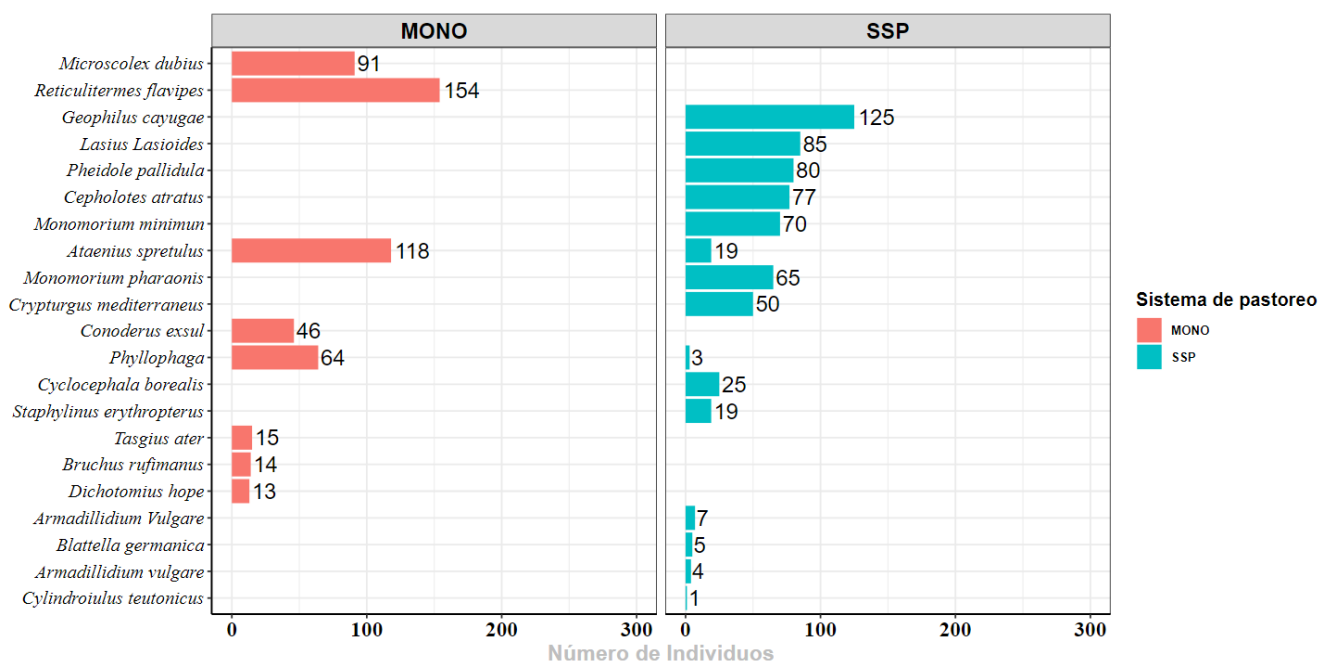


Figura 4. Cantidad de meso y macro fauna encontrada en unidad observacional de 30X30 cm en los sistemas de MC y SSP en la Cosmopolitana.

En el SSP de la Cosmopolitana hay mayor diversidad y presencia de especies en comparación a la finca Vega Grande, por ejemplo: *Geophilus cayugae*, *Armadillidium vulgare*, *Blattella germanica*, *Staphylinus erythropterus*, etc, no sé encontraron en VG, al igual que en el monocultivo podemos observar más diferencia, algo importante de recalcar las especies en común entre ambas fincas es que hay números significativamente bajos entre los sistemas en la finca VG se encontró 518 *Microscolex dubius* vs 302 *Microscolex dubius* en la Cosmo, esto se puede dar por el hábitat del sistema aunque en una finca haya mayor cantidad de algunas especies, en la otra hay mayor diversidad lo que esto ayuda a crear más galerías en el suelo, la MO se descompone más rápido.

5.3. Abundancia relativa de la meso y macrofauna en la Finca La Cosmopolitana VS Vega Grande

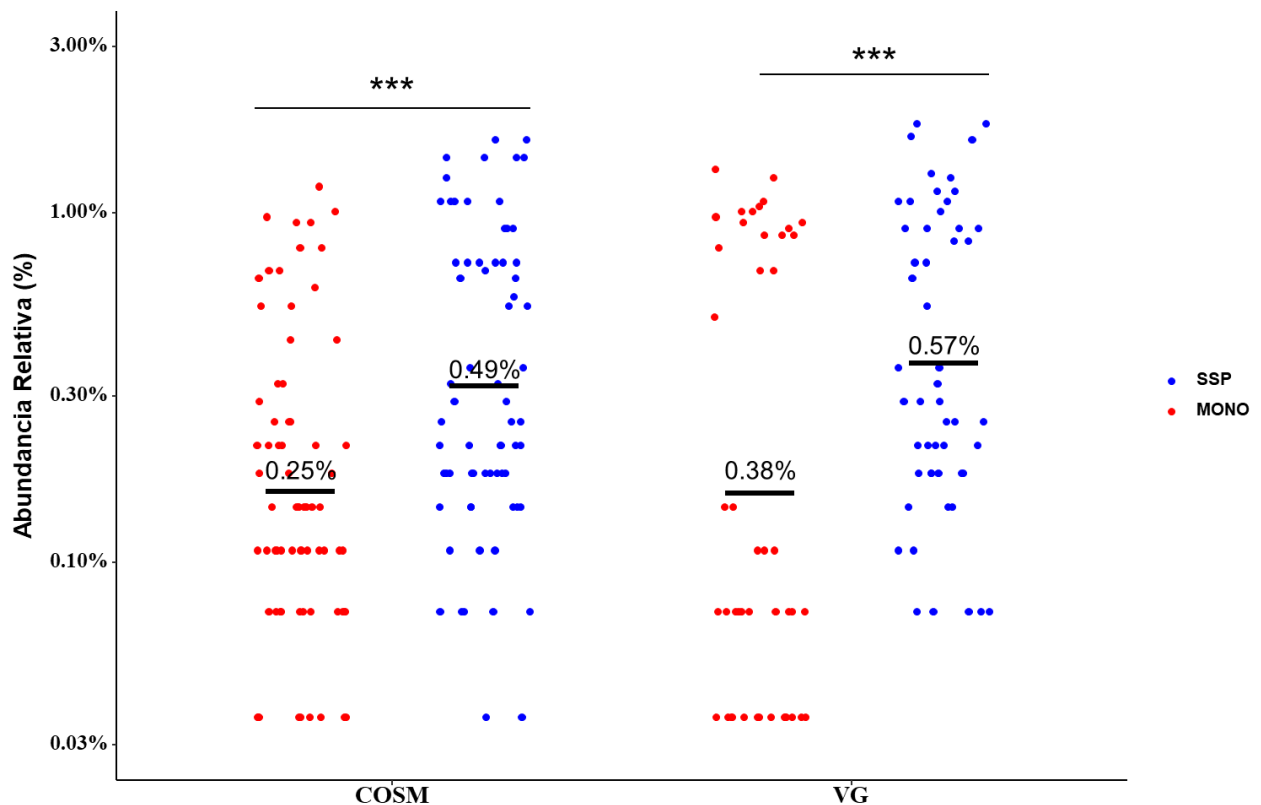
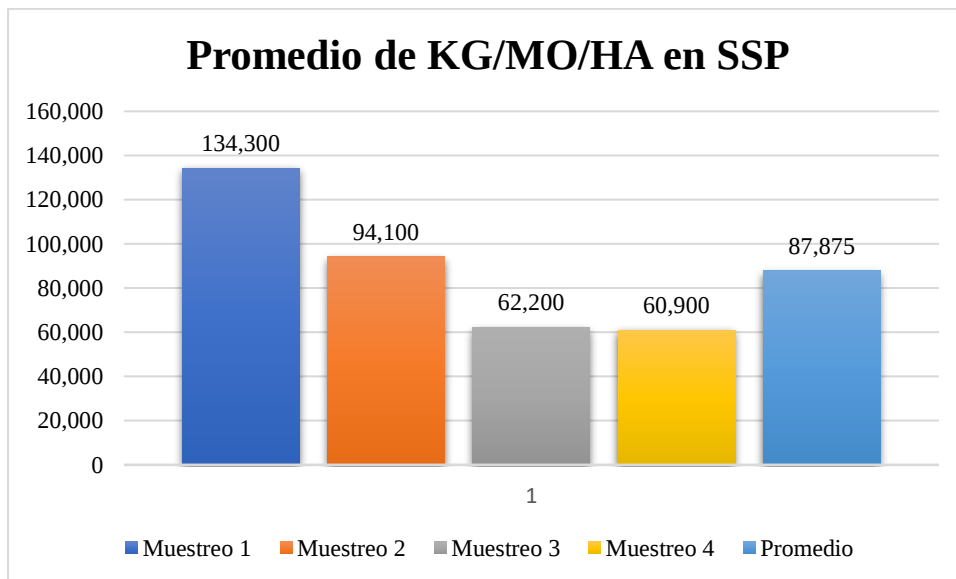


Figura 5. Abundancia relativa de meso y macro fauna encontrada en los sistemas de MC y SSP en la Cosmopolitana vs Vega grande.

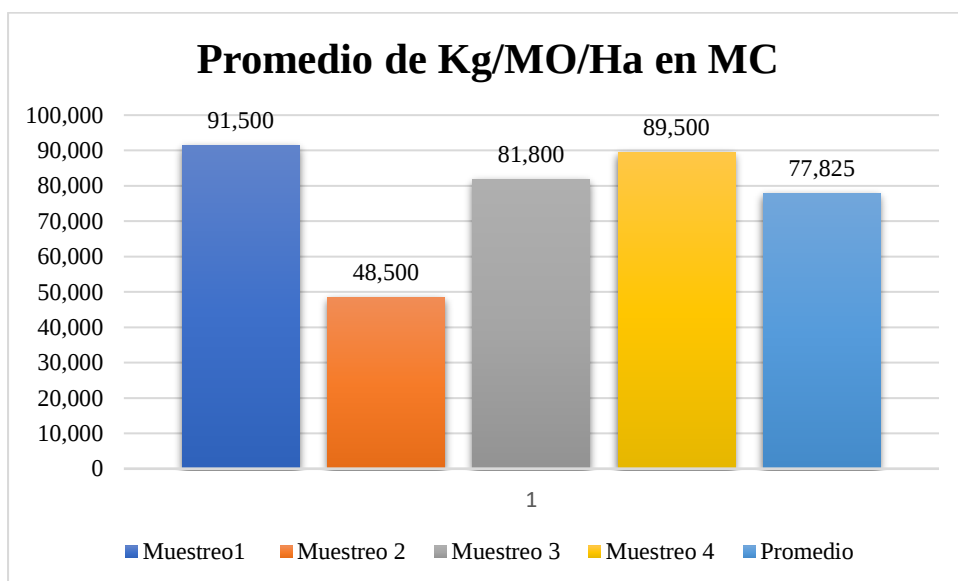
En la finca Vega grande, muestra mayor abundancia relativa, tanto como en el SSP 0.57% como en el MC 0.38%, aunque en hay especies en común en ambos sistemas, son más notables en la finca VG, en la Cosmo se relaciona con la presencia de mayor diversidad debido a la mayor presencia de vegetación proporcionando refugio y los recursos para el habita adecuada, obteniendo abundancia en comparación a los demás sistemas con una abundancia de 0.49 % en SSP y 0.25% en MC.

5.4. Peso comparativo de MO superficial en SSP vs monocultivos de pastizal



Grafica 3. Promedio de Kg/MO/Ha en SSP

En el SSP se encontró un promedio de 87,875 kg/MO/ha (87.87 Ton/ha/año) de materia orgánica superficial, debido a varios factores, uno de ellos es la acumulación de hojarasca bajo las copas de los árboles, que en su mayoría son caducifolios, además hay ramas, frutos y flores de los mismos, las leguminosas, eso ayuda a tener una abundante biodiversidad en cuanto a la meso y macro fauna edáfica, lo que implica una mayor descomposición de la MO, dando un mayor aporte nutricional al suelo y teniendo como beneficio un alto rendimiento de las pasturas como resultado de un suelo saludable.



Grafica 4. Promedio de Kg/MO/Ha en MC

En monocultivo de pastizal resulto un promedio de 77,825 kg/Mo/ha (77.82 Ton/Mo/año) de materia orgánica superficial, encontrando un valor menor que en el SSP por la falta de diversidad de plantas en el ecosistema, ya que solo hay un tipo de cultivo (pastos), esto perjudicando la producción, teniendo como consecuencia la falta de cobertura al suelo, estando más expuesto y vulnerable a la erosión, afectando la biodiversidad en el mismo, lo que influye la fertilidad, rápida descomposición de la MO, la aireación y nutrición del suelo.

5.5. Análisis estadístico de MO superficial en SSP vs MC

En la ‘Figura 1’ se muestra el análisis de t-test para la cantidad de materia orgánica superficial en los diferentes sistemas de pastoreo, el panel 1 corresponde a la VG (Vega grande) no se observó diferencias significativas ($p = 0.39$), entre los sistemas MC (0.78 kg/ha) y SSP (0.68 kg/ha), caso contrario con la Cosmopolitana (panel 2) donde se observó diferencias significativas ($p = 0.03$) en la cantidad de materia orgánica superficial, la mayor cantidad de MO se encuentra en el SSP con una media de 1.27 kg/ha.

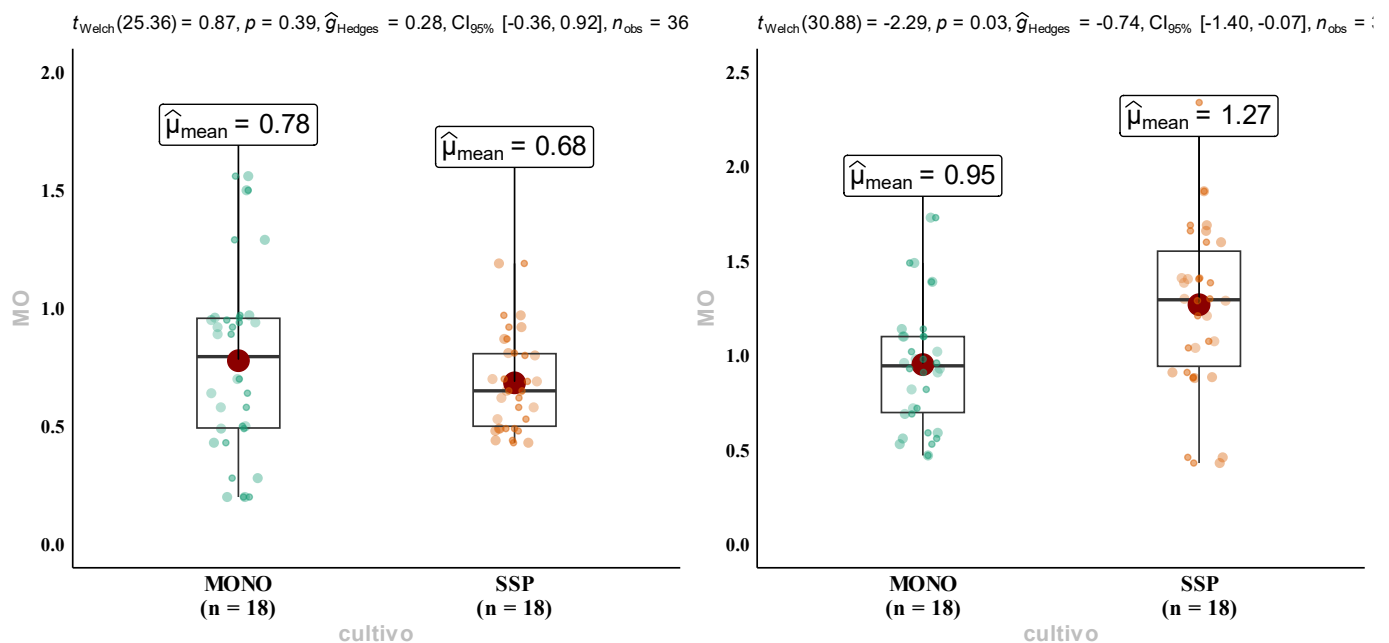


Figura 6. Cantidad de Materia orgánica (Kg/Ha) superficial según el sistema de pastoreo; “Mono vs SSP.” Para la finca Vega Grande (Panel 1) y Cosmopolitana (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.

5.6. Correlaciones en tabla de contingencia

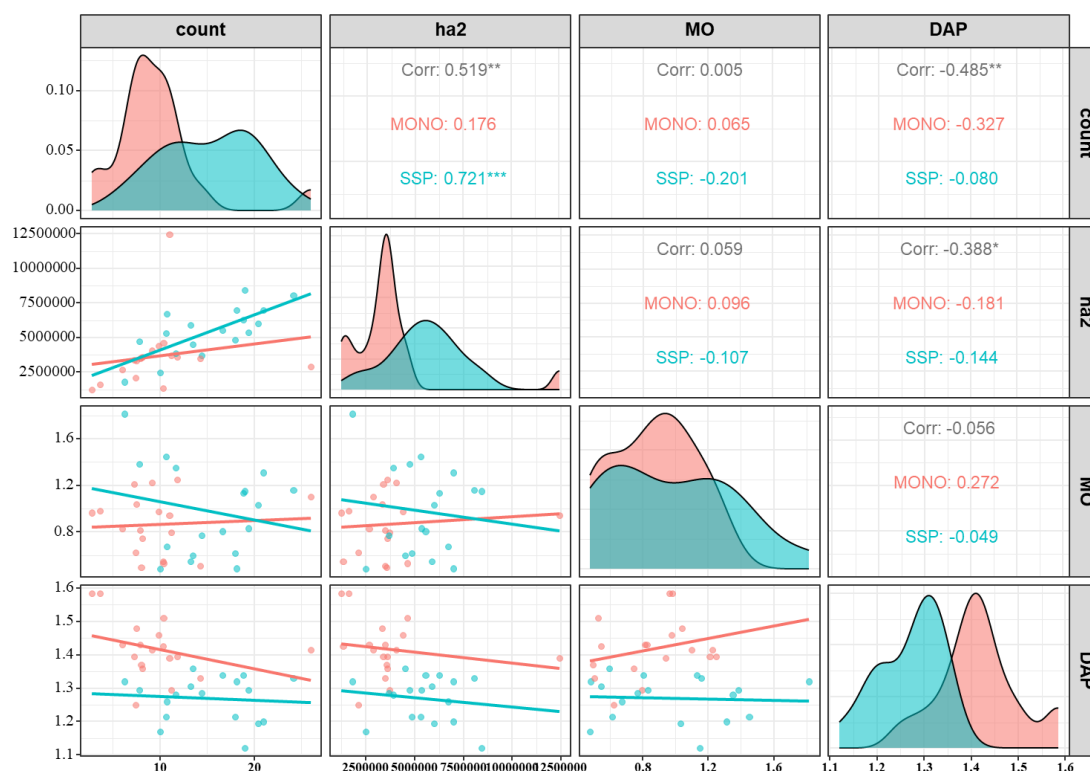


Figura 7. Correlaciones

Las correlaciones significativas en la tabla de contingencia tomando en cuenta las variables de meso y macro fauna edáfica, cantidad de ha, densidad aparente:

La correlación entre las variables de cantidad de meso y macro fauna y la cantidad de Ha en un SSP es significativa (0.721) lo que significa que entre más cantidad de hectáreas de SSP, mayor será la presencia de diversidad y multiplicación de microbiota en el sistema, las siguientes variables es la DAP vs meso y macro fauna siendo también significativa (-0.485) entre menor es la DAP en el SSP esto se debe a la gran cantidad de meso y macro fauna forma galeras en el suelo obteniendo una mejor, aeración, menos compactación del suelo.

5.7. Análisis estadístico de MO superficial en SSP vs MC por finca

En la ‘Figura 1’ se muestra el análisis de t-test para la cantidad de materia orgánica superficial en los diferentes sistemas de pastoreo, el panel 1 corresponde la finca Vega Grande y Cosmopolitana en el SSP, se observó diferencias significativas ($p = 8.23$), entre ambas fincas con una media de 1.27 kg/ha en la Cosmopolitana y de 0.68 kg/ha en VG con mayor presencia de MO superficial en el SSP de la Cosmopolitana. El panel 2 corresponde al sistema MC con una media de 0.95 kg/ha en la COSM y VG 0.78 kg/Ha, no se observó diferencias significativas ($p = 0.18$) en la cantidad de materia orgánica superficial entre ambas fincas.

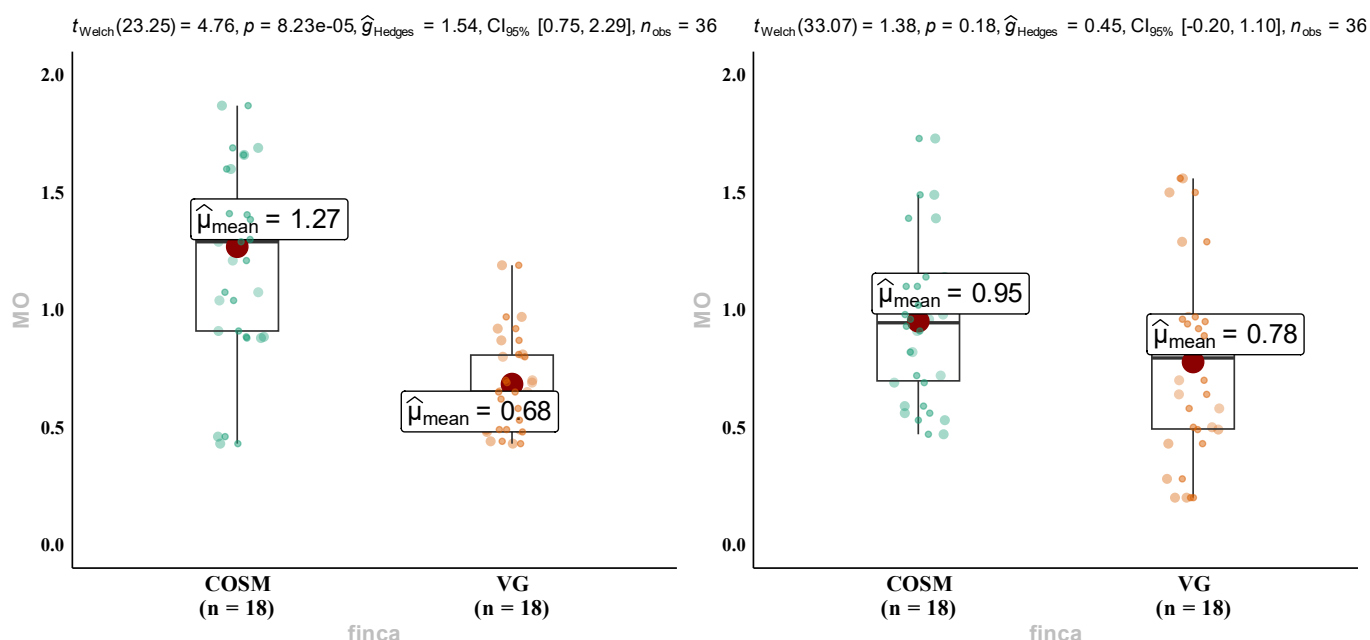
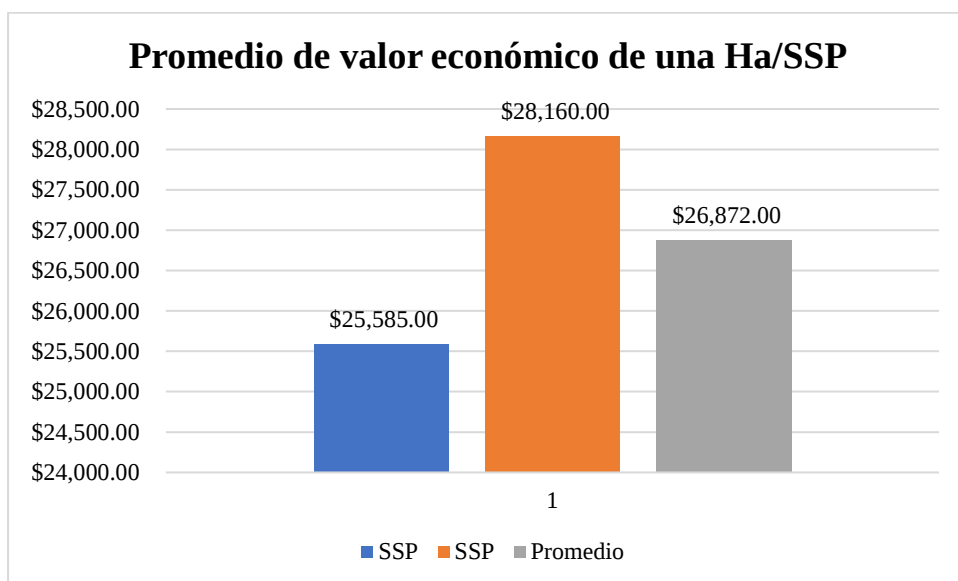


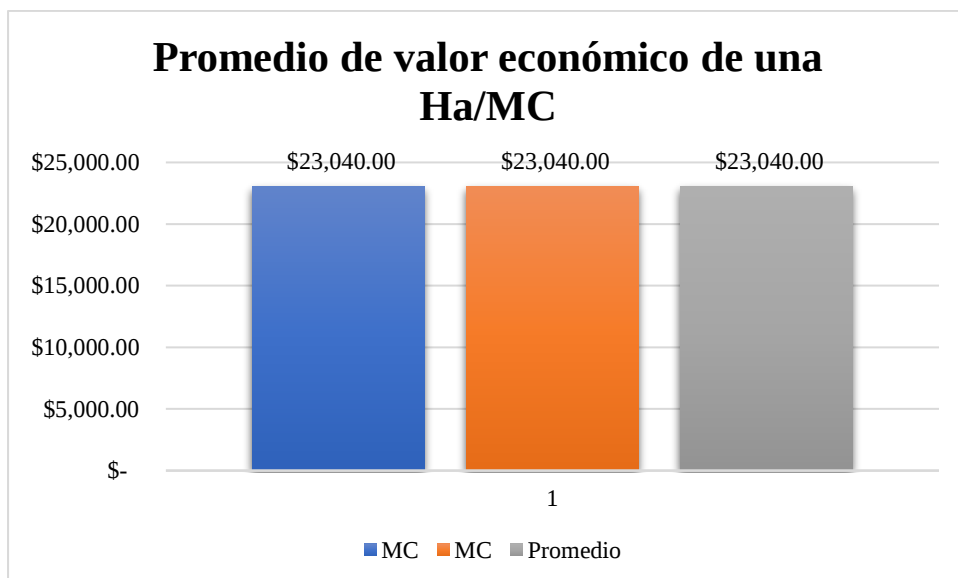
Figura 8. Cantidad de Materia Orgánica través de las fincas; “COSM vs VG.” Para el sistema SSP (Panel 1) y MONOCULTIVO (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.

5.8. Valoración económica



Grafica 5. Promedio de valor económico de una Ha/SSP

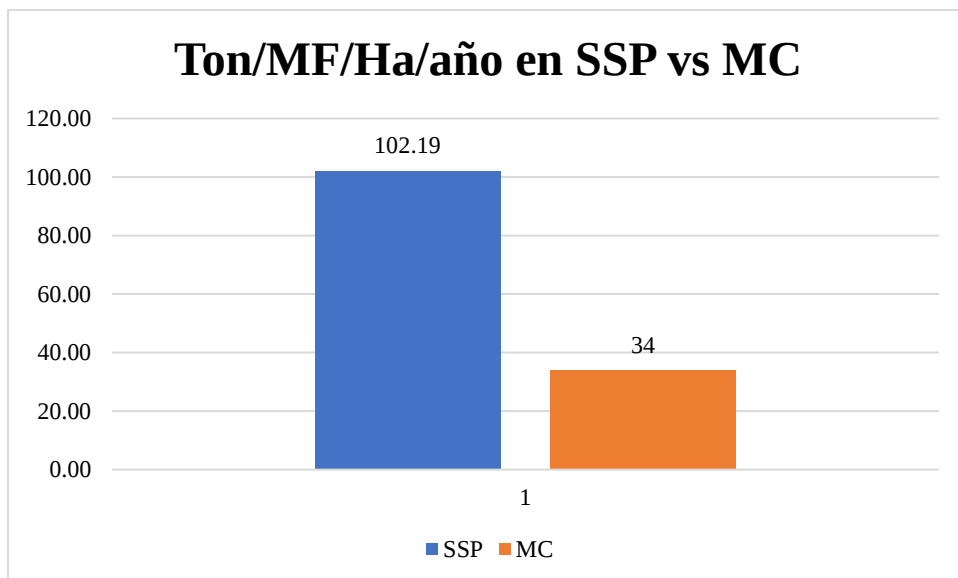
La hectárea de un SSP tiene un valor en promedio de \$26,875.000 ya que este sistema tiene la combinación de producción animal con la producción de madera, lo cual permite tener ingresos adicionales, teniendo como mayor ventaja mejorar la calidad nutricional del forraje por la alta producción de MO, ayudando a tener un suelo saludable, una buena fertilización y biodiversidad edáfica, todo esto le da una ventaja económica por ser un sistema sostenible.



Grafica 6. Promedio de valor económico de una Ha/MC

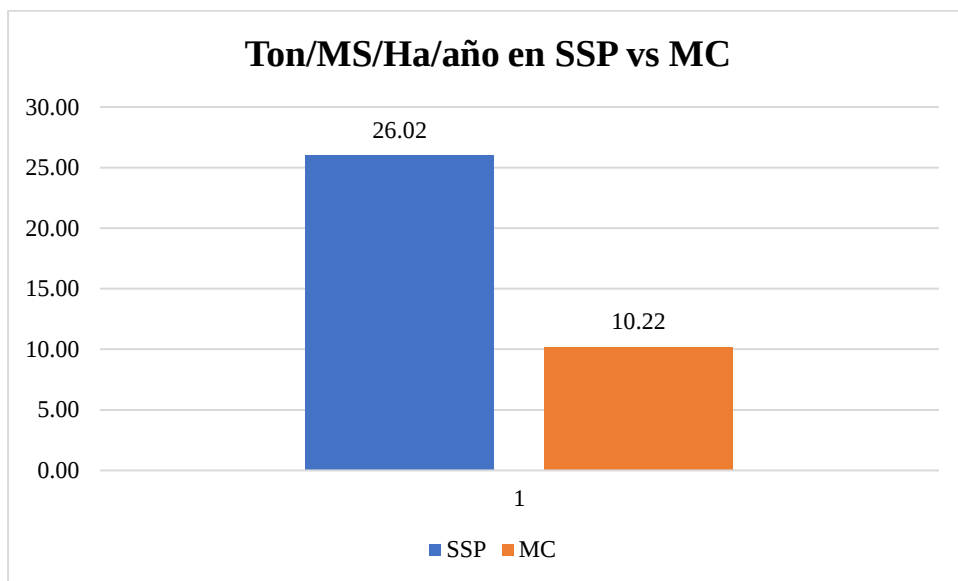
Se pudo apreciar que el promedio del valor económico del monocultivo es de \$23,040, siendo menor que el SSP. En el MC no se encuentra diversidad de árboles, haciendo un manejo más fácil, requiriendo menos planificación al inicio para establecerlo y tener menos costos para su mantenimiento a simple vista se ve más rentable, pero tiene desventajas debido a la falta de diversidad se aumenta el riesgo de plagas y enfermedades, siendo más vulnerables a las condiciones de los cambios climáticos.

5.9. Producción de materia fresca y seca en SSP vs monocultivo



Grafica 7. Ton/MF/año en SSP vs MC

En la gráfica se representa la cantidad de producción en toneladas de materia fresca al año en un sistema silvopastoril vs monocultivo, en los datos que se obtuvieron es importante mencionar que el aforo se realizaron en potreros con 22 días de descanso, tomando en cuenta que serían 16.6 cortes/año, produciendo 102.19 ton/ha/año y el MC 34 Ton/MF/año siendo mayor la producción en el SSP, esto se debe a la diversidad de árboles, contribuyendo a la captura de carbono, aportando humedad, temperatura adecuada, mayor cantidad de MO, ayudando a tener un mayor aporte nutricional al pasto, tomando en cuenta la presencia de leguminosas las cuales contribuyen una mayor fijación de nitrógeno, mejorando las condiciones del suelo y aumentando a una mayor disponibilidad y calidad de forraje.

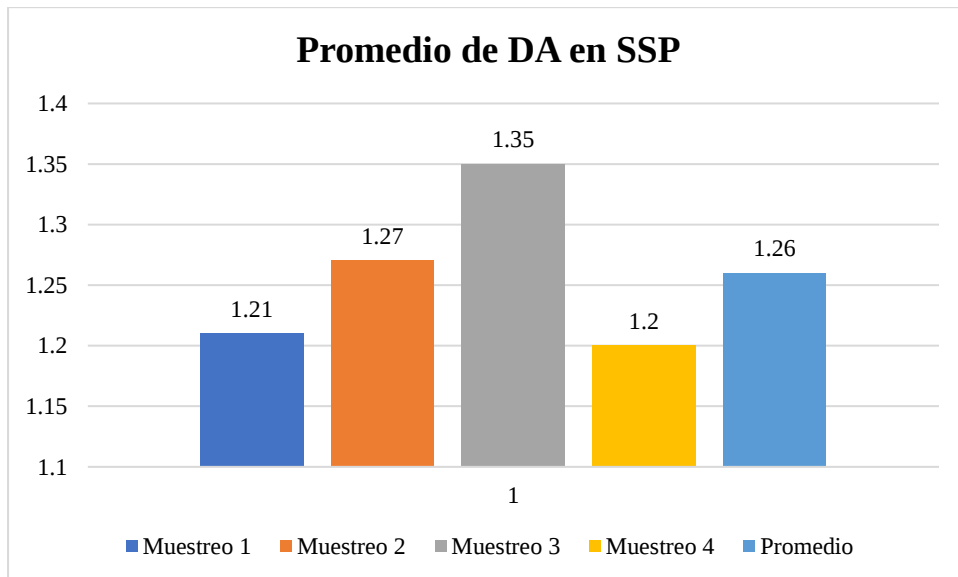


Grafica 8. Ton/MS/año en SSP vs MC

La grafica representa la cantidad de materia seca en los datos recolectados tanto en un SSP como en MC, de ambos muestreos se extrajo 100 gr de la MF luego se deshidrataron dando como resultado en ambos cultivos el 30% de MS, este 30% se le resto a la MF obteniendo un 26.02 Ton/MS/año en el SSP, en el MC 10.22 Ton/MS/año, el rendimiento es mayor en el SSP por un mejor aprovechamiento de la biodiversidad de árboles, aprovechando la sombra, humedad, MO, meso y macro fauna edáfica.

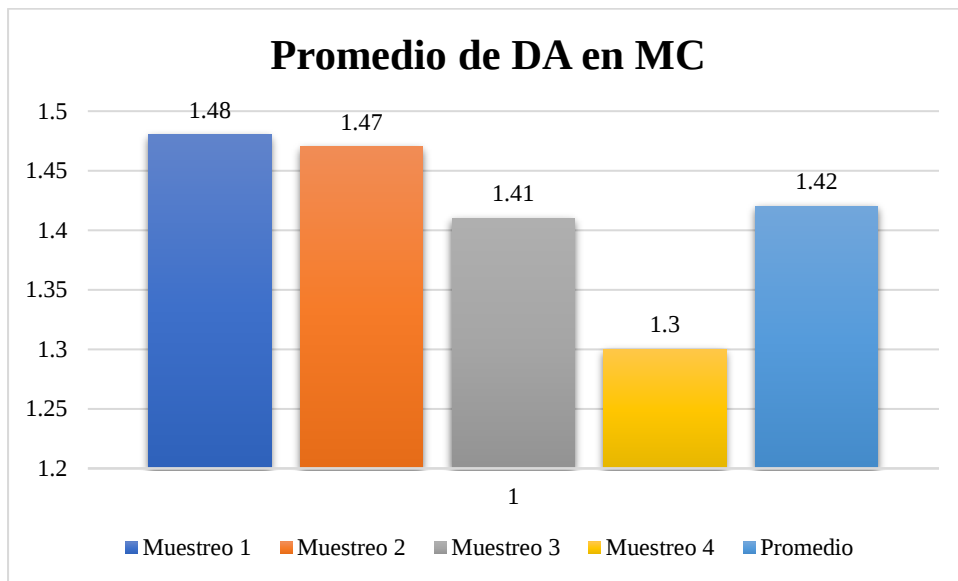
Variables cualitativas:

5.10. Densidad aparente:



Grafica 9. Promedio de DA en SSP

En el SSP presenta una densidad aparente de 1.26 gr/cm^3 gracias a la presencia de árboles y arbustos esto contribuyendo a una mejor estructura del suelo, en este sistema se evita la sobre explotación de un área específica, lo que ayuda a una menor compactación de suelo, ayuda a tener el contenido de agua adecuado esto ayuda a tener una facilidad de penetración de las raíces.



Grafica 10. Promedio de DA en MC

La densidad aparente en monocultivo tiene un promedio de 1.42 gr/cm^3 , mayor que al SSP esto se debe a la falta de diversidad arbórea, lo que significa que no hay galerías que ayuden a tener una mejor aireación provocando una mayor compactación en el suelo teniendo como consecuencia que la penetración de las raíces sean superficial, también provocando un mayor pisoteo animal ya que no tiene opción de alimento.

5.11. Análisis estadístico de DAP entre SSP vs MC

En la ‘Figura 1’ se muestra el análisis de t-test para la cantidad de densidad aparente en los diferentes sistemas de pastoreo, el panel 1 corresponde a la VG (Vega grande) no se observó diferencias significativas ($p = 0.05$), entre los sistemas MC con una media de 1.36 gr/cm^3 , en el SSP 1.28 gr/cm^3 , caso contrario con la Cosmopolitana (panel 2) donde se observó diferencias significativas ($p = 2.41$) en la cantidad de densidad aparente, la mayor cantidad de ADP se encuentra en el MC con una media de 1.48 gr/cm^3 .

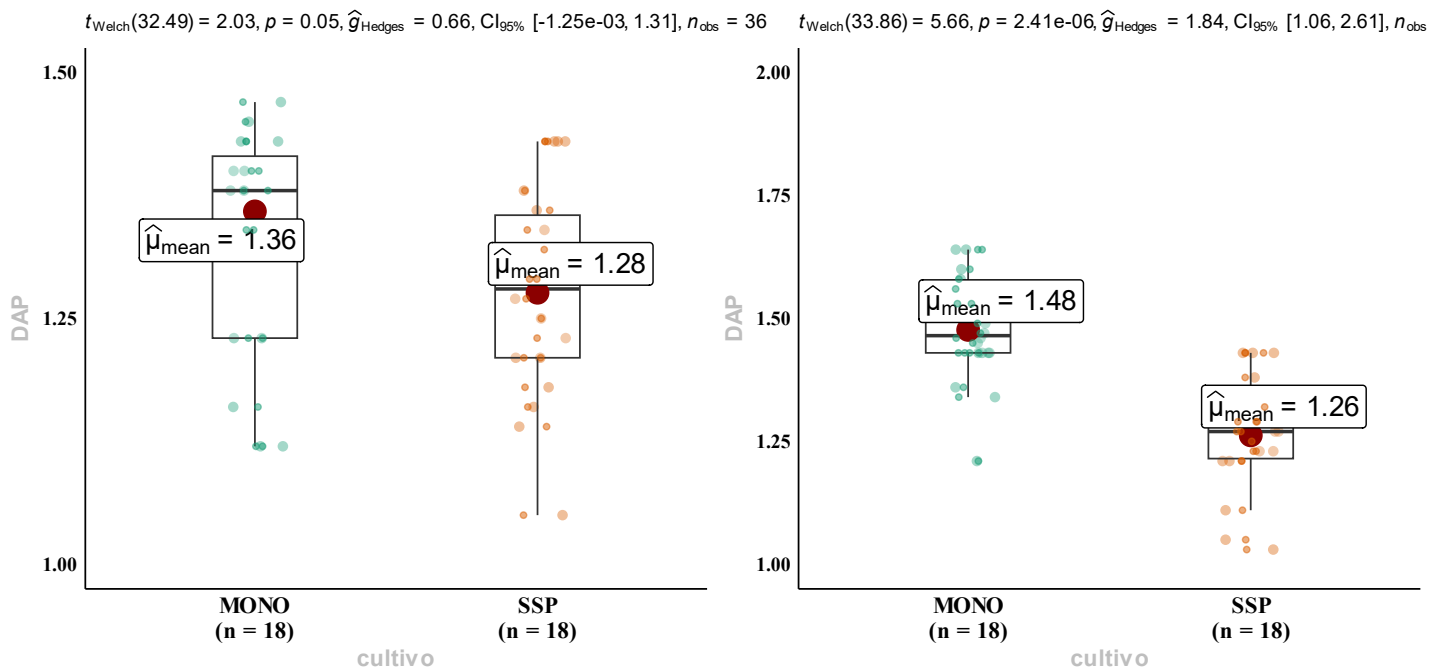


Figura 9. Variación de la DAP (gr/cm³) según el sistema de pastoreo; “Mono vs SSP.” Para la finca Vega Grande (Panel 1) y Cosmopolitana (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.

5.12. Análisis estadístico DAP en SSP vs MC por finca

En la ‘Figura 1’ se muestra el análisis de t-test para densidad aparente en los diferentes sistemas de pastoreo, el panel 1 corresponde la finca Vega Grande y Cosmopolitana en el SSP, no se observó diferencias significativas ($p = 0.71$), entre ambas fincas con una media de 1.26 gr/cm^3 en la Cosmopolitana y de 1.28 gr/cm^3 en VG. El panel 2 corresponde al sistema MC con una media de 1.48 gr/cm^3 en la COSM y 1.36 gr/cm^3 en VG, se observó diferencias significativas ($p = 7.08$) en la cantidad de densidad aparente entre ambas fincas.

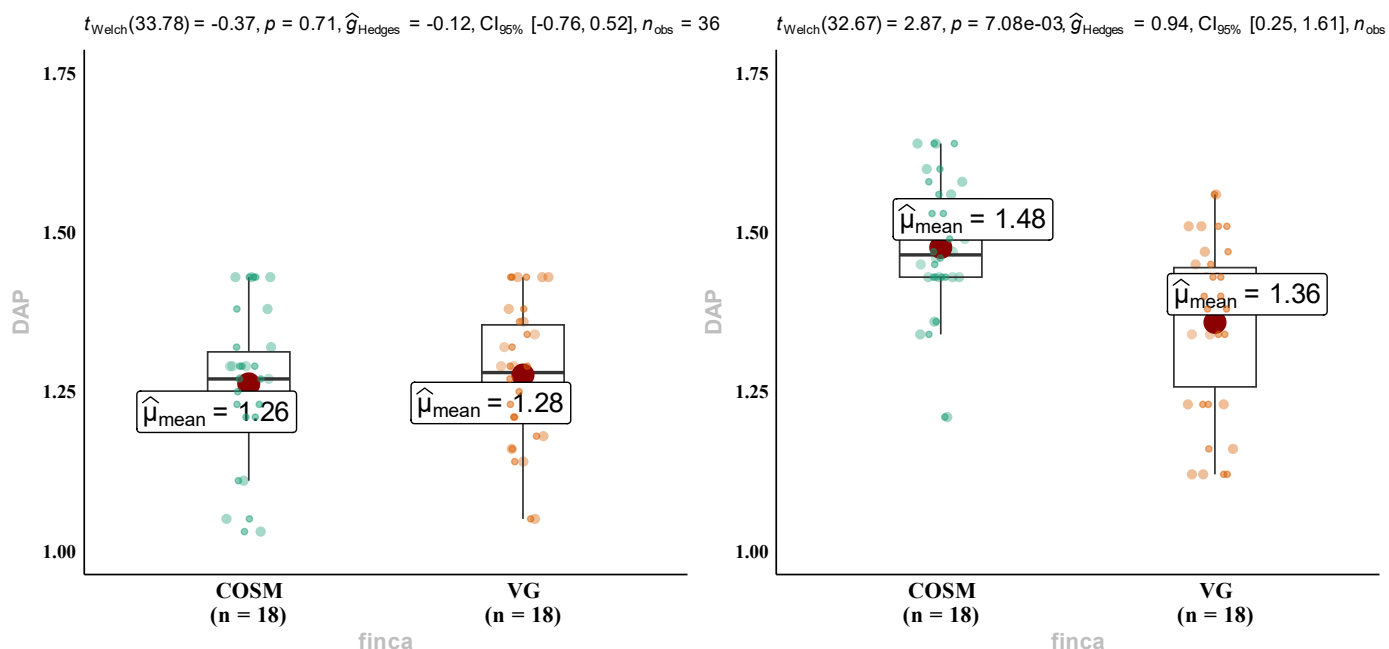
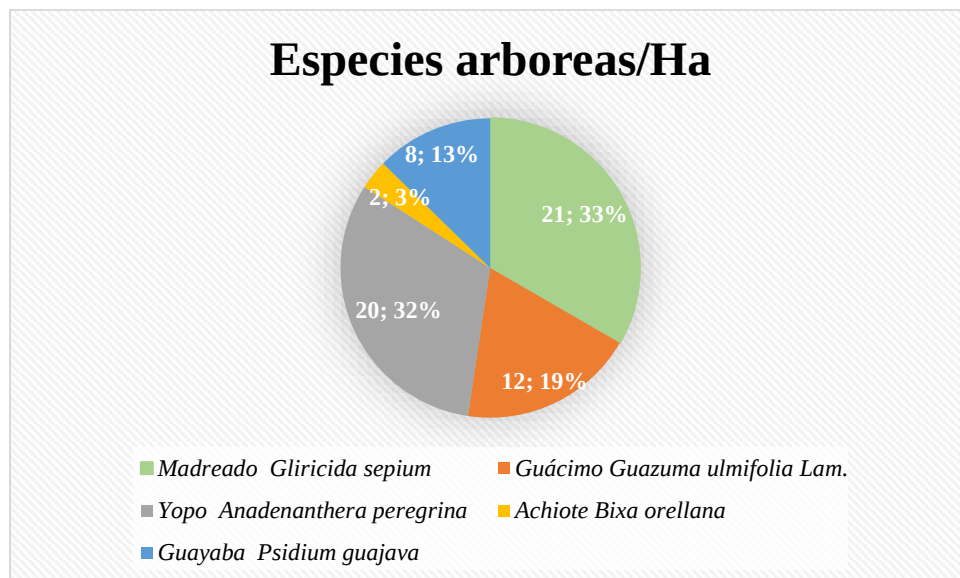


Figura 10. Variación de DAP (gr/cm³) a través de las fincas; “COSM vs VG.” Para el sistema SSP (Panel 1) y MONOCULTIVO (Panel 2) ubicadas en el Departamento del Meta, Colombia.

5.13. Especies arbóreas y forrajeras predominantes en los dos sistemas (SSP y monocultivo)



Grafica 11. Especies arbóreas/Ha

Cantidad de semillas para establecer una hectárea:

Nombre común	Nombre científico	Cantidad Ha
Kudzu	<i>Pueraria thomsonii</i>	5 Kg
Mani forrajero	<i>Arachis pintoii</i>	20kg
Centrosema	<i>Centrosema pubescens</i>	16 kg
Boton de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	5 kg

En la Ha de SSP se encontró diversidad de árboles teniendo como resultado la especie más predominante en el cultivo el madreado (*Gliricida sepium*) 21.33%, en segundo lugar el yopo (*Anadenanthera peregrina*) 20.32%, tercer lugar guácimo (*Guazuma ulmifolia Lam*) 12.19%, seguido la guayaba (*Psidium guajava*) 8.13%, achiote (*Bixa orellana*) 2.3%, utilizados como barrera viva el madreado acompañado del yopo, es importante porque ayuda a mantener la biodiversidad de meso y macro fauna edáfica, mitigación de clima, mejorar la calidad del agua, suelo, esto con ayuda de las especies forrajeras que también proporcionan una mejor alimentación y nutrición animal, provocando que el rendimiento sea más alto en cuanto al monocultivo, ya que cuenta con los pastos establecido en el mismo (*Brachiaria humidicula*, *Braquiaria decumbens* y *Mombasa*).

5.14. Textura del suelo:

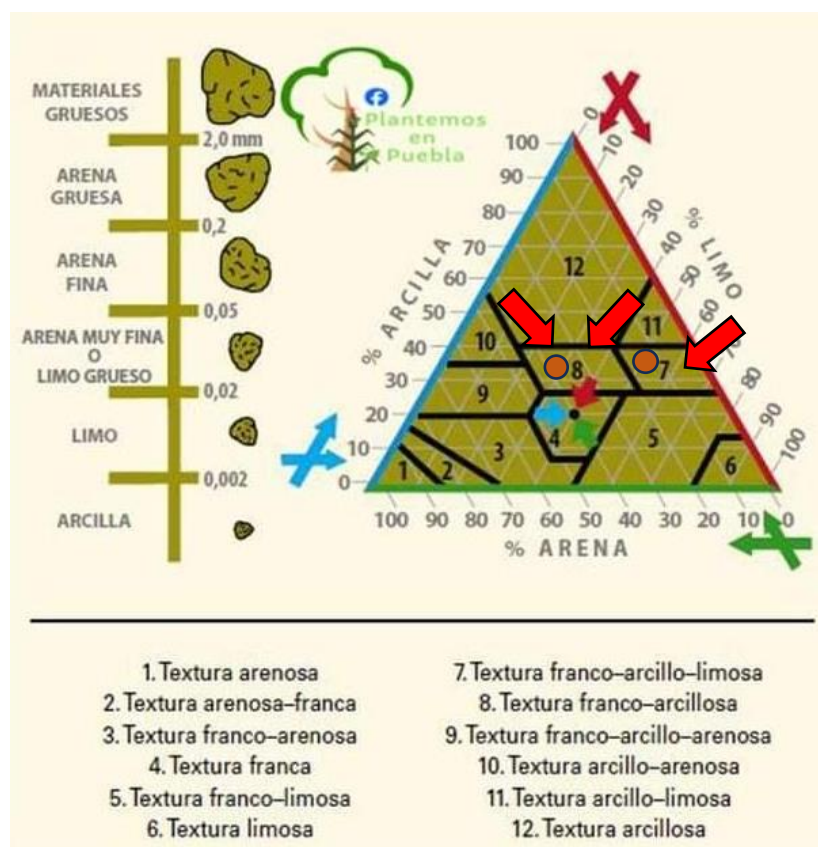


Figura 11. Textura de suelo (fuente plantemos en puebla)

La textura se identificó a nivel de campo utilizando los siguientes métodos: una prueba desmenuzamiento en seco, se tomó un terrón se procedió hacer presión con la mano donde se observó que la resistencia es media al momento de pulverizarse, la siguiente muestra fue la de cilindro, se tomó un poco de suelo húmedo, formando una barra de aproximadamente 15 cm de largo, luego se formó círculo, si se forma de manera correcta, el ultimo con un terrón de suelo se humedeció para poder formar una bola, al final de cada practica se obtuvo el mismo resultado concluyendo que la textura en el SSP y MC es franco-arcilloso (número 8 en la figura). Se realizo un análisis de suelo para determinar con exactitud la textura encontrar y coincidió con la practica echa en campo teniendo como resultada un suelo franco-arcillo-limosa (número 7 de la figura).

5.15. Color del suelo:

Muestreo 1 SSP 6/3 YR dull orange	Muestreo 2 SSP 6/3 YR dull orange	Muestreo 3 SSP 6/6 YR orange	Muestreo 4 SSP 6/6 YR orange
Muestreo 1 MC 6/3 YR dull orange	Muestreo 2 MC 6/3 YR dull orange	Muestreo 3 MC 4/4 YR brown	Muestreo 4 MC 4/4 YR brown

En el muestreo uno, dos de SSP y uno, dos de MC se encontró el color predominante 6/3 YR dull Orange equivalente al código Hue 7.5, tres, cuatro de SSP el color predominante 6/6 YR Orange y el tres, cuatro MC 4/4 YR Brown (Ver anexo ‘‘)

El color del suelo se determina dependiendo la cantidad de minerales presentes en el sistema, la gráfica interpreta los niveles encontrados en el análisis.

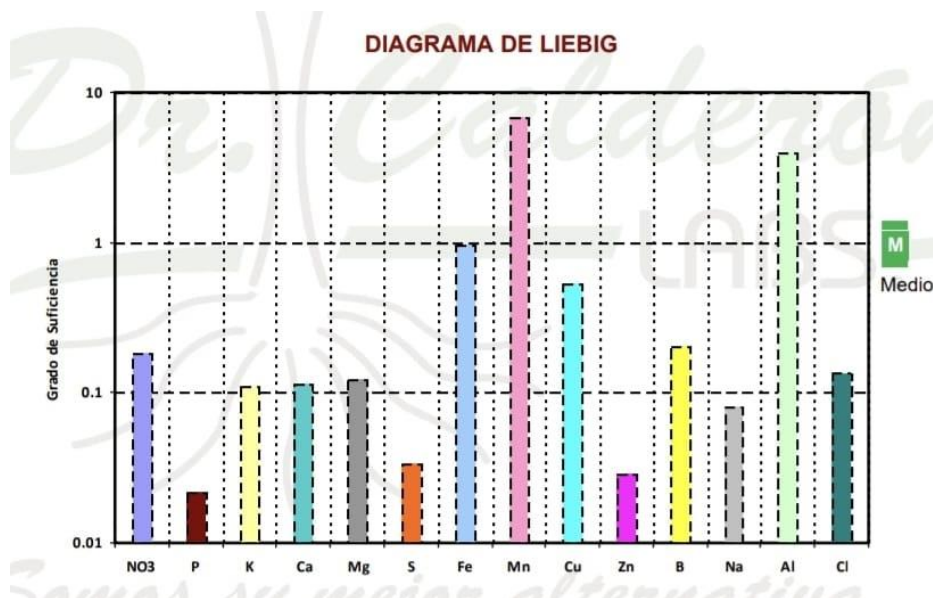


Figura 12. Diagrama de Liebig

Se interpreta de la siguiente manera: el valor ideal coincide con la línea que va desde el “1” hasta la letra “M”. Cuando el valor encontrado está muy por debajo de la línea, quiere decir que está muy deficiente, si está muy por encima, significa que el elemento está en exceso. Cuando la barra no aparece quiere decir que el elemento esta superficial.

Una vez realizado el análisis de la muestra se determinó que cuenta con las siguientes características: niveles excesivos de aluminio (Al) y manganeso (Mn), niveles medios de nitrógeno amoniacal (NG₄⁺) y hierro (Fe), niveles bajos de calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y cobre (Cu), niveles deficientes de potasio (K), fósforo (P), nitrógeno nítrico (NO₃), azufre (S), zinc (Zn) y boro (B), pH extremadamente ácido (4.38), textura franco-arcillo-limosa, niveles bajos de materia orgánica, niveles bajos de cloruros.

Elemento	Unidades	Valor	Clave	Parámetro	Unidades	Valor	Clave	Claves de Interpretación	
Potasio	meq/100cc	0.04	D	pH		4.38	D	Orden No.	78737
Calcio	meq/100cc	0.48	B	C. E.	mS/cm	0.09	D	Excesivo	E
Magnesio	meq/100cc	0.20	B	Arena %	%	6		Alto	A
Sodio	meq/L	0.21	B	Limo %	%	63		Medio	M
Aluminio	meq/100cc	1.43	E	Arcilla %	%	31		Bajo	B
C.I.C.	meq/100g	20.45	A	Textura	Franco-Arcillo-Limosa			Deficiente	D
Cloruros	meq/L	0.34		M.Orgánica	%	1.75		Muestra Insuficiente	M.I.
Fósforo	ppm	2	D	C.O.	%	1.02	B	No Detectable	N.D.
N-NH ₄	ppm	12	M	N- Total			N.A	No Analizado	N.A.
N-NO ₃	ppm	10	D	Rel C/N			N.A		
Azufre	ppm	1	D	Sat Humedad	%	46	A		
Hierro	ppm	117	M	SatBases:	%	35			
Manganeso	ppm	170	E	Densidad Apar.	g/cc	0.97			
Cobre	ppm	0.40	B						
Zinc	ppm	0.10	D						
Boro	ppm	0.08	D						

Figura 13. Análisis químico de suelo

Para poder corregir estas deficiencias se hace una enmienda de cal dolomita 2000 kg//ha , yeso 300 kg/ha y materia organica 2000 kg/ha, veinte (20) días antes de la siembra del pasto.

VI. CONCLUSIONES

Se comprobó que el valor económico de una hectárea con sistema silvopastoril (\$ 26,872), es mayor que el monocultivo (\$ 23,040), además se logra un suelo saludable y fértil, por la mayor diversidad de árboles, y el alto contenido de materia orgánica superficial.

En un sistema silvopastoril hay más rendimiento de materia fresca y seca, debido a la menor presión de consumo de gramíneas, por la presencia de árboles y arbustos forrajeros, que a su vez generan un sistema abundante de galerías en el suelo, reduciendo la DAP por la mayor porosidad.

En el sistema silvopastoril, se obtuvo un rendimiento de 102.19 toneladas de materia fresca por hectárea al año, en comparación con las 34 en el monocultivo. Además, al estimar la materia seca, se obtienen 26 toneladas versus 10.22 toneladas, demostrando que el MC tiene menor rendimiento.

En este agroecosistema se alcanza un hábitad adecuado para la diversidad y multiplicación de la biota del suelo, en este estudio se encontró una mayor prevalencia: Lombrices, hormiga de jardín y hormiga cosechadora

Se concluyó que la meso y macro fauna con la densidad aparente si tienen una correlación significativa (0.721) en el SSP. Esta alta cantidad de organismos, ayuda al suelo a tener mejor aeración por las galerías que generan, teniendo una mejor infiltración de agua y circulación de aire.

Los datos obtenidos y procesados en relación a la MOS y DAP, no tienen correlación significativa (0.056) lo que indica que no hay influencia directa entre ellos.

VII. RECOMENDACIONES

Seguir con la investigación para ambos sistemas, agregando nuevas variables como ser: la temperatura, análisis químico y humedad del suelo, además temperatura y frecuencia respiratoria del animal.

Recomendamos con los datos obtenidos en la investigación, dar capacitaciones a los productores, difundiendo el ecosistema, ya que generan más ingresos económicos, se aprovecha más el terreno y se obtiene más rendimiento para alimentación del ganado, junto a un suelo saludable.

Promover el análisis de suelo a los ganaderos antes de cada siembra, para corregir la deficiencia de minerales que puede presentar en el terreno, asegurando una mejor producción de pasto.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

- Acosta, M. B. (2019). Qué es el Monocultivo - Definición, Ventajas y Desventajas. ¿Qué Es El Monocultivo?, 2021. <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/que-es-el-monocultivo/>
- Broom, D. M., Galindo, F. A., & Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. In Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences (Vol. 280, Issue 1771). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
- Burney, J. A., Davis, S. J., & Lobell, D. B. (2010). Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107(26), 12052–12057. <https://doi.org/10.1073/PNAS.0914216107>
- CCB. (2023). informe sectorial ganadero Agosto de 2023.
- Danny Sandoval, Fernando Florez, Karen Enciso, Mauricio Sotelo, & Stefan Burkart. (2022). Pb Evaluación Económica Y Ambiental De Un Sistema Silvopastoril En Colombia V3 141222_Es (1).
- Falco, L., & Díaz Porres, M. (2018). conebios V Congreso Nacional de Ecología y Biología de suelos.
- FAO. (2013). textura del suelo franco. FAO. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- FAO. (2016). Tabla Munsell y su correcto uso de en la descripción de los suelos. Portal Fruticola. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/05/21/el-correcto-uso-de->

tabla-munsell-en-la-descripcion-de-los-suelos/

IICA. (2016). Sistemas silvopastoriles establecimiento y uso en República Dominicana.

Árboles Y Arbustos Dispersos En Potrerros, 48.

<https://www.biopasos.com/documentos/086.pdf>

Molina, C. H. (n.d.). Sistemas Silvopastoriles.

Ortega, R. (2022). Qué nos indica la textura de un suelo y cómo determinarla. MundoAgro.

<https://mundoagro.cl/que-nos-indica-la-textura-de-un-suelo-y-como-determinarla/>

Ripoll, M., & Bravo, R. (2013). Anteproyecto de Tesis (p. 2).

Rubio Gutiérrez, A. M. (2010). Ana María Rubio Gutiérrez. 1–96.

Sanches, M. S. (2019). PR Á C T I C A D E L A B O R A T O R I O N F unda undame
ment ntos os del S uelo uel o Nombre de la práctica : D et etermi erminación nación de
la l a D ens i dad da d Apa A par ent e de l S uelo uel o.

Tapia, J. (2020). produccion y descomposicion de hojarasca foliar de diferentes sistemas
silvopastoriles y su efecto sobre calidad del suelo en el valle medio del sinú, cordoba -
colombia. 2507(February), 1–9.

Vega, S. (2022). evaluacion de la oferta forrajera de un sistema silvopastoril intensivo
(sspi) conformado por boton de oro (bo) tithonia diversifolia (helms) gray, gramineas
y leguminosas mejoradas sobre la produccion y calidad de. 25/12/2022.

Weather Spark. (2021). El clima en vergel, el tiempo por mes, temperatura promedio -

Weather Spark. Weather Spark. [https://es.weatherspark.com/y/24280/Clima-
promedio-en-Restrepo-Colombia-durante-todo-el-año](https://es.weatherspark.com/y/24280/Clima-promedio-en-Restrepo-Colombia-durante-todo-el-año)

ANEXOS



Anexo 1. SSP



Anexo 2. Sistema de MC



Anexo 3. Establecimiento de diseño experimental



Anexo 4. Recolección de materia fresca



Anexo 5. Recolección de MO



Anexo 6. MO recolectado



Anexo 7. Medición de 30x30 cm



Anexo 8. Extracción de tierra de los 30x30 para muestreo de meso y macro fauna



Anexo 9. Búsqueda de meso y macro fauna



Anexo 10. Meso y macro fauna encontrada



Anexo 11. Meso y macro fauna



Anexo 12. Identificación de color de suelo



Anexo 13. Identificación de textura, prueba de desmenuzamiento.



Anexo 14. Prueba de bola



Anexo 15. Prueba de cilindro.



Anexo 16. Elaboración de tubos para la práctica de DAP



Anexo 17. Muestra de DAP



Anexo 18. Peso de materia fresca



Anexo 19. Deshidratación de pasto.



Anexo 20. Peso de MO



Anexo 21. Pasto deshidratado

Anexo 22. Interpretación de la tabla Munsell

“Hue 7.5” indica que el color está en el rango de los naranjas, específicamente hacia el lado amarillo-rojo del espectro, “YR” significa “Yellow-red” (amarillo-rojo), lo que indica que el color tiene una inclinación hacia la parte rojiza dentro del rango de naranjas. “6/3” hace referencia a la luminosidad y saturación del color, “6” indica una iluminación moderada (en una escala de 0 a 10, donde 0 es negro absoluto y 10 es el blanco absoluto) y “3” indica una saturación relativamente baja” por lo tanto el color 7.5 YR 6/3 dull Orange describe un tono de naranja apagado, con una ligera inclinación hacia el rojo, una luminosidad moderada y una saturación baja.

Actividades extras en la finca



Anexo 23. Traslado de peces



Anexo 24. Elaboración de néctar



Anexo 25. Elaboración de dulce de leche



Anexo 26. Encalado para siembra



Anexo 27. Taller de niños



Anexo 28. Muestreo para análisis de suelo.



Anexo 29. Preparación de terreno para SSP